

Studijní program B2341 - Strojírenství

Studijní obor: 2301R022 Stroje a zařízení

Zaměření: Sklářské stroje

Bez nálevkový systém pro 2x foukací technologii tvarování obalů

(Blow Blow technology without funnel system)

KSR –

Rudolf ZAJÍČEK

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. František Novotný, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Miroslav Fridrichovský

Rozsah bakalářské práce:

Počet stran:	48
Počet tabulek:	2
Počet obrázků:	27
Počet výkresů:	18
Počet příloh:	4
Počet modelů:	0

Datum odevzdání: 25. 5. 2012

Bude vloženo originál zadání

Anotace:

Předkládaná zpráva se zabývá problematikou bez nálevkového systému pro 2x foukací proces, která je řešena v rámci BP. Současný stav procesu 2x foukací technologie vyžaduje nálevku pro zafouknutí kapky do přední formy. Cílem bakalářské práce je řešení závěrné hlavy pro vynechání nálevky v procesu a tím zrychlení technologie výroby a také možnosti výroby 2x foukací technologii na nových ISS strojích, u kterých se kompletně vynechává mechanismus nálevky.

Klíčová slova:

Řadový stroj, tvarování skla, závěrná hlava, přední forma, konečná forma, mechanismus nálevky, nálevka, přední tvar, vyfukování skla, ústník, razník, záfuk, předfuk.

Annotation:

This present report deals with system without funnel for blow blow process. The current state of the blow blow process requires funnel for blowing of gob to the blank mould. Target of this work is solution of new construction of baffle for BB process without funnel and acceleration of technology and production possibilities on the NEW ISS machines in which the mechanism of funnel is completely left out.

Keywords:

Glass machine, IS machine (individual section machine), Forming of glass, Baffle, Blank mould, Blow mould, Funnel mechanism, Funnel, Pareton, Blowing of glass, Plunger.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a s konzultantem.

Datum:

Podpis:

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu **doc. Ing. Františku Novotnému, CSc.**, za cenné odborné náměty a rady, zajímavé podněty, odborné vedení a důkladné směřování této práce.

Dále bych rád poděkoval panu **Ing. Vlastimilovi Hotařovi, Ph.D.** za poskytnuté informace a vstřícný přístup.

Rád bych také poděkoval svému nadřízenému panu Pavlovi Netroufalovi a kolegům, bez jejichž podpory a odborné pomoci by nemohla být tato práce realizována.

Děkuji všem zúčastněným osobám za několikaletou trpělivost.

Poděkování si také zaslouží moje rodina za podporu při tvorbě této práce.

Obsah

ÚVOD	9
1. ROZBOR PROBLEMATIKY 2X FOUKACÍ TECHNOLOGIE.....	10
1.1 TVAROVÁNÍ OBALOVÉHO SKLA NA ŘADOVÝCH STROJÍCH.....	10
1.1.1 2x foukací způsob.....	11
1.1.2 Úzkohrdlý lisofuk.....	14
1.1.3 Liso-foukací způsob.....	15
1.2 REŠERŠE SOUČASNÉHO STAVU	16
1.2.1 Varianta 1 – záfuk ventilový.....	16
1.2.2 Varianta 2 – záfuk kontinuální.....	18
1.2.3 Varianta 3 – záfuk patentovaný firmou Emhart	20
1.3 FORMULACE POŽADAVKŮ NA ZÁVĚRNOU HLAVU	22
1.3.1 Okrajové podmínky	22
1.3.2 Definice kolizních stavů.....	22
1.3.3 Materiál	22
2. ALTERNATIVNÍ STUDIE KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ ZÁVĚRNÉ HLAVY	23
2.1 VARIANTY ŘEŠENÍ	23
2.1.1 Dvoupolohový pneumatický motor	23
2.1.2 Nová konstrukce ramene závěrné hlavy	24
2.1.3 Nová konstrukce závěrné hlavy pro jeden pracovní vzduch.....	27
2.2 ROZHODOVACÍ ANALÝZA VARIANT	30
3. KONSTRUKČNÍ ZPRACOVÁNÍ VYBRANÉ VARIANTY ZH	31
3.1 TĚLO ZÁVĚRNÉ HLAVY	31
3.2 KUŽELOVÁ ČÁST TĚLA ZÁVĚRNÉ HLAVY	32
3.3 STŘEDOVÁ ČÁST ZÁVĚRNÉ HLAVY	33
3.4 PRUŽINA.....	34
4. TECHNICKOEKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ A VYUŽITELNOSTI ŘEŠENÍ	38
4.1 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	38
4.1.1 Ekonomické náklady.....	38
4.1.2 Ekonomické přínosy	38
4.2 NEEKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	39
ZÁVĚR.....	40
PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY:	42
PŘÍLOHY:	42

Seznam použitého označení

<u>označení</u>	<u>jednotka</u>	<u>název</u>
D_1	[mm]	velký průměr středové části ZH
D_2	[mm]	malý průměr středové části ZH
S	[m ²]	obsah plochy pro působení tlaku vzduchu
F_{\min}	[N]	minimální síla tlaku pro zafukování
F_{\max}	[N]	maximální síla tlaku pro zafukování
P	[Pa]	tlak vzduchu zafukování
G_{20}	[MPa]	modul pružnosti ve smyku
ρ	[kg/m ³]	hustota
R_m	[Mpa]	mez pevnosti v tahu
$\tau\Delta$	[Mpa]	mezní dovolené napětí v krutu
τX	[MPa]	mezní únavová pevnost v krutu
F_1	[N]	maximální pracovní zatížení
F_8	[N]	minimální pracovní zatížení
L_1	[mm]	délka předpružené pružiny
L_8	[mm]	délka plně zatížené pružiny
h	[mm]	pracovní zdvih pružiny
D_e	[mm]	vnější průměr pružiny
D_i	[mm]	vnitřní průměr pružiny
D	[mm]	střední průměr pružiny
n	[-]	počet činných závitů
z	[-]	celkový počet závitů
i	[-]	poměr vinutí
L_0	[mm]	volná délka pružiny
L	[mm]	délka nezatížené pružiny
c	[N/mm]	tuhost pružiny
M_{k8}	[N/mm]	krouticí moment

d_i	[mm]	předběžný průměr drátu
d_{i+1}	[mm]	upřesnění průměru drátu
K	[-]	Wahlovo korekční součinitel

Seznam použitých zkratek

LF	Lisofuk
FF	2x Fuk
ÚHLF	Úzko hrdlý lisofuk
PF	Přední forma
ZH	Závěrná hlava
KF	Konečná forma
IS	Individual section

ÚVOD

V současné době se pro výrobu obalových produktů využívá řadových strojů skládaných ze samostatných sekcí, které v jednom cyklu dokážou vytvarovat kapku skloviny na požadovaný tvar konečného produktu. Pro tvarování využíváme 3 základní technologie 2xfuk (dále FF), lisofuk (dále LF) a úzkohrdlý lisofuk (dále ÚHLF). Jsou zde dva zásadní rozdíly, které odlišují technologii FF od technologií LF a ÚHLF. Prvním rozdílem u LF a ÚHLF je schopnost docílit stabilní síly stěny skloviny v přední formě pro ideální rozložení síly pro konečný produkt. Tato stabilita je dosažena přesným výliskem mezi razníkem a přední formou. Avšak u technologie FF je přední tvar vytvarován foukáním tlakového vzduchu do přední formy. Tato metoda je závislá na mnoha parametrech ovlivňujících rozložení skloviny (teplota forem, teplota tlakového vzduchu, tlak vzduchu, množství tlakového vzduchu). Proto u výrobků vyráběnou FF technologií jsme nuceni navyšovat váhu skloviny pro větší variabilitu výrobního procesu. Druhým rozdílem FF technologie, a to je předmětem této BP, je že pro výrobu potřebujeme mechanismus nálevky, který zajišťuje navedení skloviny do přední formy a vytvarování ústí produktu. Následně mechanismus odejme nálevku a závěrná hlava uzavře přední formu pro dokončení procesu. Z těchto dvou důvodů je patrné, že výroba FF potřebuje více skloviny a času pro stabilní proces. Tím se nám výrobek prodražuje a stává se méně žádoucím pro odběratele v porovnání s technologií LF a ÚHLF. Na druhou stranu musím konstatovat, že ne u všech produktů jsme schopni vyrábět způsobem ÚHLF nebo LF a proto je nutné technologii FF zefektivnit a zanechat. Dalšími důvody proč bychom se měli zabývat bez nálevkovým systémem pro technologii FF je, že výrobci sklářských strojů začínají inovovat sklářské stroje a již nekonstruují mechanismus nálevky pro nové sklářské stroje.

Jeví se tedy jako účelné najít takovou cestu řešení, která by umožňovala výrobu FF produktů na nových strojích bez mechanismu nálevky a zároveň zefektivnění výroby FF technologií pro stávající výrobky na starších sklářských strojích.

Bakalářská práce se zabývá návrhem nové konstrukce závěrné hlavy, která umožní vynechání nálevky a nálevkového mechanismu ve čtyřech krocích:

V kapitole č. 1 byla provedena podrobná rešerše problematiky 2x foukací technologie se speciálním řešením závěrné hlavy sekčního stroje. Byly zformulovány technické podmínky pro řešení závěrné hlavy bez nálevkového systému.

V kapitole č. 2 byla provedena studie, která předkládá koncepční řešení ve 4 variantách. Z těchto variant byla na základě rozhodovací analýzy vybrána vhodná varianta.

V kapitole č. 3 jsem konstrukčně rozpracoval vybranou variantu a doplnil o nezbytné výpočty.

V kapitole č. 4 jsem zhodnotil technickoekonomický, ale i neekonomický přínos navrženého řešení.

1. ROZBOR PROBLEMATIKY 2X FOUKACÍ TECHNOLOGIE

Před výběrem nového řešení závěrné hlavy (dále ZH) pro technologii FF je třeba podrobněji objasnit stávající princip všech technologií používaných v praxi pro sklářské sekční řadové stroje a určit, jaké jsou tedy požadavky pro novou konstrukci ZH pro technologii FF.

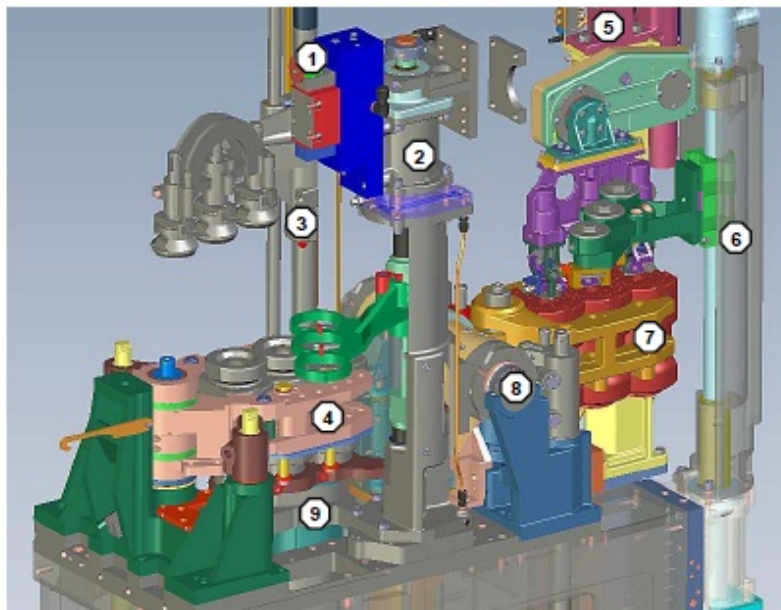
1.1 Tvarování obalového skla na řadových strojích

Stroje na výrobu obalového skla slouží k výrobě úzkohrdlých i širokohrdlých skleněných obalů. Výroba je prováděna výhradně dávkovacím způsobem do přední formy ve tvaru kapky (jednokapka, dvojkapka, trojkapka, ale i čtyřkapka).

Rozdělení strojů na obalové sklo není jednoznačné, neboť stroje na běžné obalové sklo jsou ve většině případů přestavitelné, aby se na nich dalo podle potřeby vyrábět způsobem FF, LF, ÚHLF. Jednoznačnější je rozdělení strojů podle konstrukčního uspořádání na karuselové a řadové sklářské stroje.

Řadový stroj se skládá z řady samostatných stanic - sekcí. Na základě toho jsou tyto stroje označovány jako IS (Individual Section), tedy stroje s jednotlivými samostatnými sekcemi. Stroje se staví běžně s osmi deseti dvanácti sekcemi v jednokapce, dvoukapce, trojkapce, nebo i čtyřkapce. Na řadovém stroji se vyrábí buď skleněné obaly úzkohrdlé, nebo širokohrdlé.

Úzkohrdlé výrobky se vyrábějí způsobem 2x foukacím (FF) (BB-blow-blow) nebo úzkohrdlým lisofoukacím způsobem (ÚHLF). V dnešní praxi se hojně využívá anglická zkratka NNPB (nerow neck press blow)



- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. Funnel Safety. | 6. Blowhead Mechanism. |
| 2. Funnel Mechanism. | 7. Blow Mold Holder. |
| 3. Baffle Mechanism. | 8. Neck Ring Mechanism. |
| 4. Blank Mold Holder. | 9. Plunger Mechanism. |
| 5. Takeout Mechanism. | |

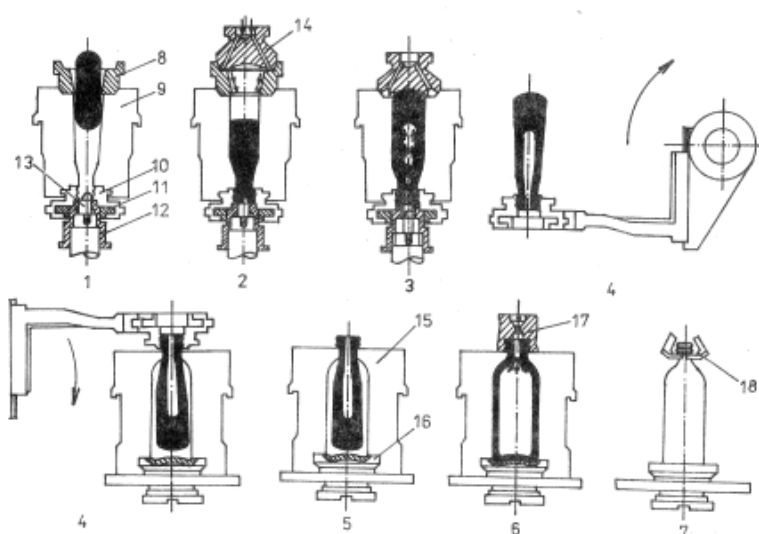
Obr. 1. Mechanismy řadového sklářského stroje

1.1.1 2x foukací způsob

Popis výroby (obr. 2): Nůžky, které jsou neustále chlazeny mlhovinou vody odstříhnou z kontinuálně tekoucího pruhu skloviny kapku na požadovanou délku a váhu. Kapka skloviny přes sestavu parabol a skluzů vklouzne přes nálevku do přední formy. Zde má nálevka dvojí využití:

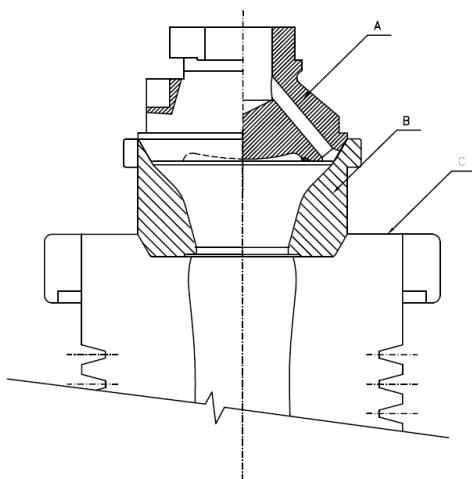
- 1) Usměrnění pádu kapky skloviny do PF;
- 2) Rozdělení smyslu použití na:
 - a) Zafukovací smysl ZH je ten, že při dosednutí ZH na nálevku umožní tato sestava (obr. 3) průchod tlakovému vzduchu otvory v ZH do PF. Tento tlakový vzduch zatlačí sklovinu do ústní formy a tím umožní bezchybné vytvarování ústí láhve;

- b) Uzavírací smysl (obr. 4) umožní závěrové hlavě při odejmutí nálevky dosednout až na PF, kde uzavře tvar pro vytvarování kompletního předního tvaru. Ústníkem (obr. 5) se vyfoukne přední tvar, který se po otevření PF přeneseme obracečem do konečné formy. Po předání předního tvaru do KF dosedne foukací hlava na formu a vyfoukne konečným foukáním tvar láhve. Následně se KF otevře a odnímač odebere láhev na odstávku, kde se vychladí produkt. Následně se výrobek vysune za pomoci vysouvače na podélný pás, který směřuje do chladicí pece pro vyrovnání vnitřního napětí.



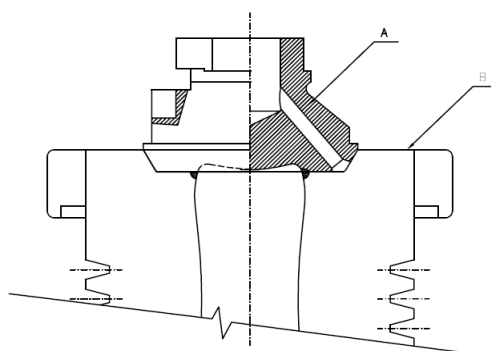
Obr. 2. Schéma tvarovacího cyklu výroby 2xfoukacím způsobem

1 – dávkování do PF, 2 – zafukování, 3 – vyfukování baňky, 4 – přenášení baňky – invert, 5 – prohřívání povrchu baňky vnitřním teplem, 6 – vyfukování konečného tvaru láhve, 7 – odnímání – přenesení láhve na odstávku, 8 – nálevka, 9 – přední forma, 10 – ústní forma, 11 – vodící deska, 12 – vodítko ústníku, 13 – ústník, 14 – zafukovací hlava, 15 – konečná forma, 16 – dno konečné formy, 17 – foukací hlava, 18 – čelisti kleští odnímače



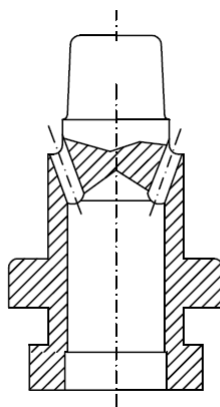
Obr. 3. Sestava nálevky a závěrné hlavy

A - Závěrná hlava pro 2xfuk technologii, B – nálevka, C – přední forma



Obr. 4. Sestava nálevky a přední formy

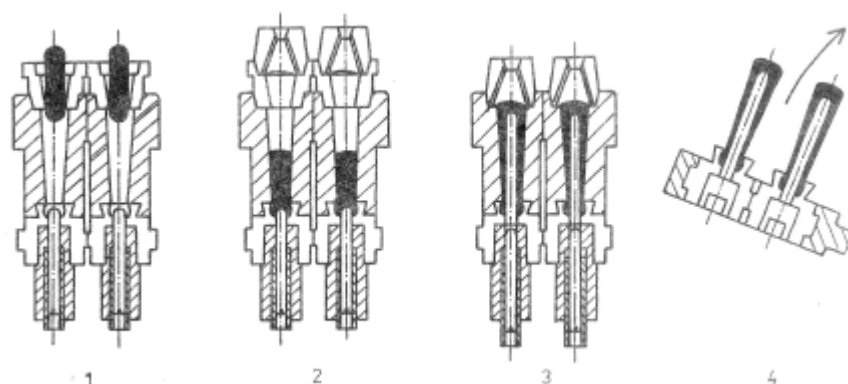
A – závěrná hlava pro 2xfuk technologii, B – přední forma



Obr. 5. Ústník pro FF technologii

1.1.2 Úzkohrdlý lisofuk

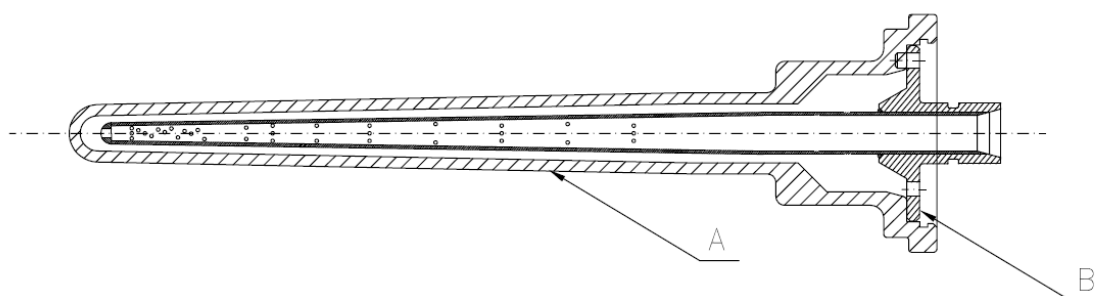
Popis výroby (obr. 6): Po odstříhnutí kapky skloviny opět vklouzne do přední formy s tím rozdílem, že již nepoužíváme nálevku pro usměrnění pádu do přední formy. Forma je již konstrukčně uzpůsobena tak, že její vrchní část má takový náběh, který nahrazuje nálevku z předešlého popisu technologie FF. Zafukování kapky skloviny do PF není také potřeba, neboť tlak vyvíjený razníkem (obr. 7) umožní stejnoměrné rozložení skloviny v PF a zároveň vytvarování ústí láhve. Závěrová hlava tedy pouze uzavře PF, aby razník mohl vylisovat přední tvar. Následně se přední forma otevře a přeneseme se obrátcem do KF. Konečné tvarování je stejné s předchozí technologií 2x foukací.



Obr. 6. Schéma tvarovacího cyklu výroby ÚHLF způsobem

1 – dávkování do přední formy, 2 – zafukování, 3 – vylisování baněk, stažení razníků, odsunutí závěrových hlav a otevření předních forem, 4 – invert.

Další postup výroby konečného tvaru láhve shodný s pozicemi 5, 6, 7 u 2xfoukacím způsobem

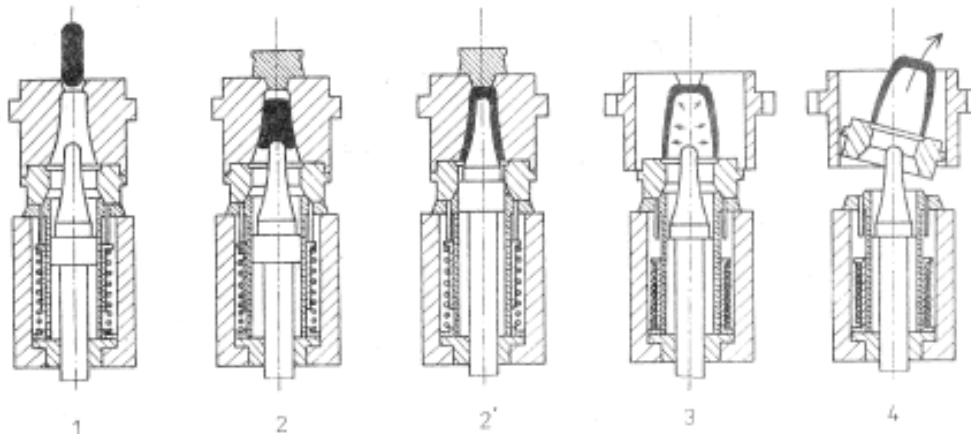


Obr. 7. Razník a chladicí trubka ÚHLF

A – razník pro ÚHLF, B – chladicí trubka pro ÚHLF

1.1.3 Lisofoukací způsob

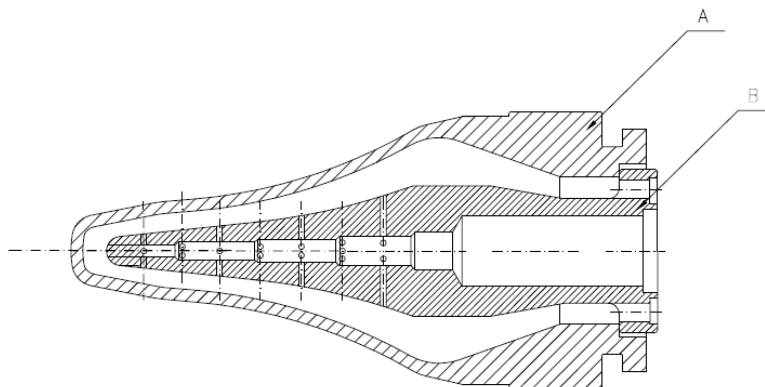
Popis výroby (obr. 8): Technologie je v podstatě obdobná s technologií ÚHLF, která je popsána výše, s tím rozdílem, že se pro vytvarování skloviny využívá razník (obr. 9) o průměru nad 32 mm. Všechny výrobky, které používají razníky pod 32 mm, můžeme řadit do technologie ÚHLF a naopak.



Obr.8 Schéma tvarovacího cyklu výroby širokohrdlých lahví lisofoukacím způsobem

1 – dávkování do přední formy, 2 – 2' - počátek a konec lisování baňky, 3 – zatažení razníku do dolní krajní polohy, 4 – invert.

Další postup výroby konečného tvaru lahve je obdobný s poz. 5, 6, 7 u 2xfoukacím způsobem.



Obr. 9 Širokohrdlý razník s chladicí trubicou pro technologii lisofuk

A – razník pro lisofuk, B – chladicí trubka pro lisofuk

1.2 Rešerše současného stavu

Zatím nebyl publikován materiál o možnostech výroby FF bez nálevky úpravou závěrové hlavy. Proto byla rešerše provedena s užitím praktických zkušeností provozních pracovníků z výroby O-I USA, Evropy a Austrálie.

Lze definovat základní tři varianty řešení ZH, které jsou používány pro technologii FF pro bez nálevkový systém:

Varianta 1 - záfuk ventilový;

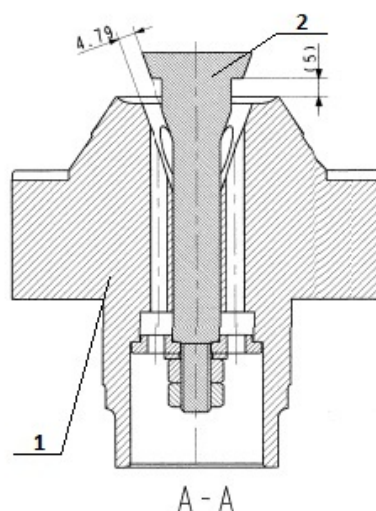
Varianta 2 - záfuk kontinuální;

Varianta 3 - záfuk patentovaný firmou Emhart.

Jinou možností řešení vynechání mechanismu nálevky než konstrukční úpravou ZH je využití vakua v přední formě, které umožní vytvarovat korunku a není potřeba záfuku přes nálevku. Toto řešení není však možno uplatnit na všechny výroby v technologii FF z důvodu rozdílného času pro odvod vzduchu z předformy. Tímto řešením se například zabývala firma Sklostroj a.s. Turnov ČR. Zkonstruovali produkt LPBB (light product blow blow), který umožní minimální či úplné vynechání záfuku, který ale nezaručuje vynechání nálevky při výrobě FF technologie. Pouze umožní zkrácení času záfuku a tím zrychlení technologie. Takové řešení však vyžaduje investici ve formě nákupu zařízení LPBB pro celý stroj, což je velice nákladné a tím pro naši výrobu nedostupné.

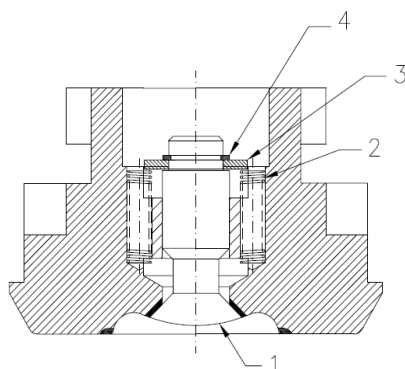
1.2.1 Varianta 1 – záfuk ventilový

ZH se skládá ze základního těla a středového ventilu. Tělo ZH dosedá na přední formu jako u klasické technologie FF. Středový ventil je volně vložený v těle ZH, kde je umožněn jeho pohyb v daných mezích (obr. 10). Na spodní části ventilu je část tvaru ZH, která plynule přechází do těla ZH. V průběhu cyklu výroby dosedne ZH na PF kde se spustí zafukování předního tvaru a tím se otevře ventil, který umožní proudění vzduchu do PF. Při následném předfuku se v PF vytvaruje sklovina, která svým rozpínáním ventil uzavře, nebo je možné také použít pružinu, která ventil uzavře ihned, jak přestane zafukování do PF.



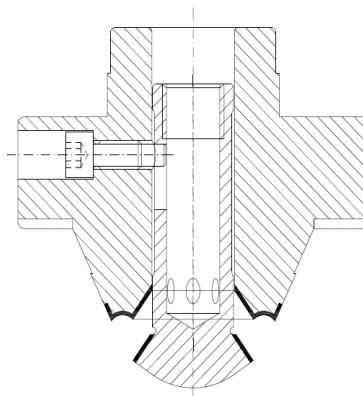
Obr. 10. ZH se středovým ventilem (1-základní tělo ZH, 2-středový ventil)

Pro ventilový záfuk se používá ZH s rovnou dosedací plochou (obr. 11.) jako u většiny ZH pro FF technologii a také s kuželovým řešením dosedací plochy (obr. 12.) jako u technologie ÚHLF či LF. U ZH s rovnou dosedací plochou je obtížnější nastavení dopadu kapky skloviny do PF z důvodu absence náběhové hrany pro kapku.



Obr. 11. ZH s ventilovým záfukem pro rovnou dosedací plochu

1 – ventil závěrné hlavy, 2 – pružina pro vracení ventilu po zafukování, 3 – podložka, 4 – pojistný kroužek.



Obr. 12. ZH s ventilovým záfukem pro kuželovou plochu

Výhodou tohoto řešení je v podstatě jednoduchost výroby ZH s možností aplikovat na stávající stroje a sady forem bez nutnosti jejich úprav.

Nevýhodami jsou :

- a) Na výrobku jsou patrné dva obtisky přechodu forem. Jeden je stávající přechod formy a ZH a druhý je ZH a vnitřní ventil. Ve většině případů je to pouze estetická vada, ale u tlakových láhví je nebezpečí defektu v těchto stopách a možnosti praskání v tlakové zkoušce. Pro eliminaci těchto vad jsou proto kladeny velké nároky na opravu forem;
- b) Znemožnění výroby malých průměrů láhví z důvodu nedostačujícího prostoru pro vložení ventilové středové části do ZH;
- c) Během procesu se rychle špiní dosedací ventilová část od pravidelného mazání forem a tím jsme nuceni častěji ZH měnit. Mazání je velice nutné pro správný chod ventilu ZH, jinak by se objevovaly praskliny od velkého vnitřního tlaku předfuku pro přetlačení ventilu sklovinou;
- d) Během životnosti sady forem je někdy zapotřebí měnit tvary předních forem vlivem stabilizace výrobního procesu dle požadavku zákazníka. U tohoto řešení je změna tvaru velice obtížná, ne-li nemožná.

1.2.2 Varianta 2 – záfuk kontinuální

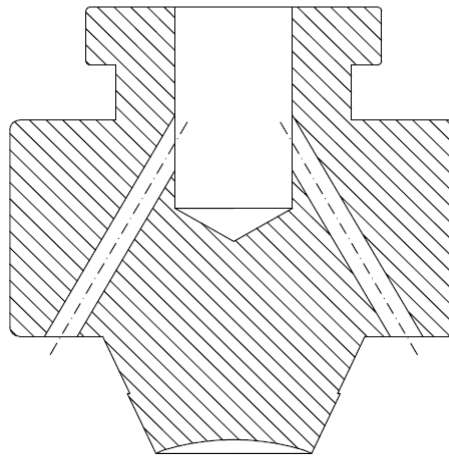
Závěrová hlava je konstrukčně velice podobná klasické ZH pro FF technologii. Pro tento typ ZH je nutný válcový výstupek na PF, který umožňuje vedení ZH a zároveň těsní zafukovací vzduch do PF. Tlak zafukovacího vzduchu se spouští v okamžiku, kdy ZH je na počátku výstupku vodící části PF. V tuto chvíli započalo zafukování a trvá do doby, než si ZH dosedne kompletně na PF (obr. 14).

Výhodou je:

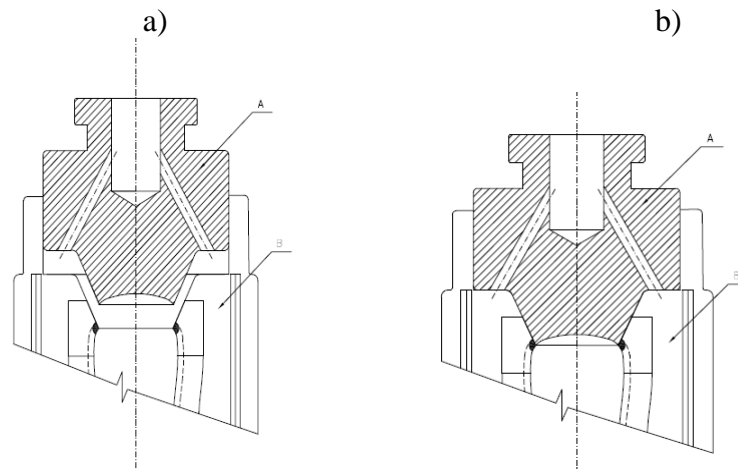
- a) Nejsou zde žádné dvojité stopy jako u předešlého případu ZH s ventilem.

Nevýhodami jsou:

- a) Nutnost výroby nové sady předních forem s vodícím nálitkem;
- b) Přesnost na výrobu límce a vnějšího průměru ZH pro eliminaci úniku záfuku;
- c) Velkou nevýhodou je závislost doby záfuku na délce vodící části na PF a rychlosti výrobního procesu. Pro rychlejší způsob výroby je tato doba záfuku nedostačující.



Obr. 13. Závěrová hlava pro kontinuální záfuk



Obr. 14. Závěrná hlava pro kontinuální záfuk s přední formou
a) Závěrná hlava před dosednutím na PF během záfuku, b) závěrná hlava po dosednutí na PF

1.2.3 Varianta 3 – záfuk patentovaný firmou Emhart

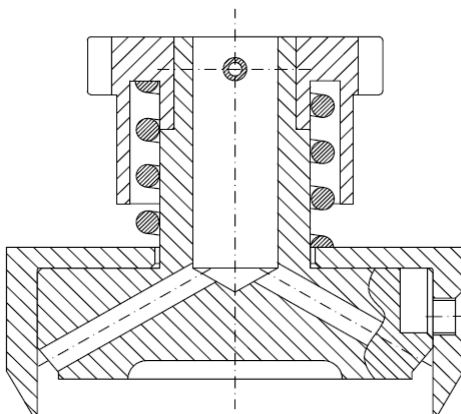
Toto provedení závěrné hlavy se skládá z části dosedací na kuželovou plochu přední formy, a na pohyblivou část s tvarem přední formy se zafukovacími kanály (obr. 15). Pro fungování principu této konstrukční úpravy je zapotřebí mechanismus ZH s přerušovaným chodem. První část chodu mechanismu ZH zabezpečí dosednutí kuželové vnější části ZH na PF. Po dosednutí je nutné na nezbytnou dobu záfuku přerušit chod a v tento okamžik spustit zafukovací tlakový vzduch pro zatlačení skloviny do ústní formy k vytvarování ústí láhve. Závěrná hlava má celkovou délku L1 dle obrázku 16 a). Po provedení záfuku je možné pokračovat v pohybu mechanismu ZH, až do okamžiku dosednutí vnitřní části ZH a uzavření předního varu pro předfuk. Po dosednutí ZH je její celková délka L2 (obr. 16 b). Tento typ závěrové hlavy je patentován firmou Emhart, která se zabývá výrobou sklářských strojů.

Výhodami jsou:

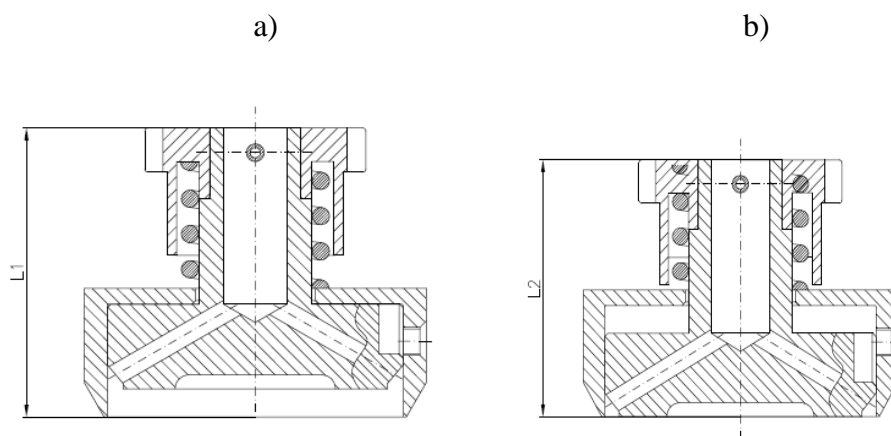
- a) Eliminace dvojité stopy;
- b) Řízení doby záfuku v závislosti na potřebě pro výrobu;
- c) Jednoduchost zpracování;
- d) Možnost použití na stávající přední formy.

Nevýhodami jsou:

- a) Velice obtížné je najít správný časový okamžik pro zastavení pneumatického mechanismu, **viděno pouze v kombinaci se servomechanismem!** Proto se nedá použít pro stávající sklářské stroje s pneumatickým válcem nálevky;
- b) Chráněno patentovým úřadem EP 0 838 437 A1.



Obr. 15. Závěrná hlava pro přerušovaný chod ramene ZH



Obr. 16. Závěrná hlava s popisem chodu

- a) V poloze při dosednutí na PF a během zafukování, b) v koncové poloze při kompletním dosednutí ZH na PF.

1.3 Formulace požadavků na závěrnou hlavu

1.3.1 Okrajové podmínky

- a) Pro jednokapku, dvojkapku ale i tříkapku od rychlosti 30 stříhu za min., až po 130 stříhů za min. což je největší možný rozsah výroby v technologii FF;
- b) Použít pro všechny stávající formy na FF a výrobky od průměru těla láhve 20mm a váze 150 g do maximálního průměru těla láhve 80mm a o váze 600g;
- c) Maximální provozní tlak vzduchu 6 bar, optimální provozní tlak používaný na stávajících strojích je 4 bar;
- d) Optimalizace váhy závěrných hlav pro namáhání mechanismu;
- e) Teplota používání od 200°C až do 300°C;
- f) Možnost úpravy tvaru ZH během životnosti sady forem;
- g) Optimální náklady na výrobu ZH k životnosti forem;
- h) Eliminace dvojitých stop od ZH.

1.3.2 Definice kolizních stavů

- a) Při nefunkčnosti ventilu není možné zafouknutí skloviny do přední formy;
- b) Při špatném pohybu není zaručen dostatečný odvod vzduchu;
- c) Velké síly pro přestavení ventilu vede k vadám na skle.

1.3.3 Materiál

- a) Doporučení materiálu je dameron (slitina niklu – NI 806 – viz příloha 2.) jehož vlastnosti zaručují stálost tvaru rozměrů i pro vysoké teploty forem, což je nezbytné pro zajištění pohyblivých dílů;
- b) Pokud by se použila ZH z litiny, musí být hrany navařeny tvrdokovem pro jejich dlouhou životnost a snadnou opravu.

2. ALTERNATIVNÍ STUDIE KONCEPČNÍHO ŘEŠENÍ ZÁVĚRNÉ HLAVY

Alternativní studie řešení můžeme rozdělit do následujících tří variant:

První varianta je směřována na konstrukční úpravu strojních mechanismů pro sklářský výrobní stroj tak, abychom umožnili použití jednoho z již existujících řešení (kapitola 2.1).

Druhá varianta je zaměřena na nové konstrukční řešení dílů sklářského stroje a zároveň k tomu přizpůsobení formového dílu závěrové hlavy (kapitola 2.2)

Třetí varianta je zaměřena na úpravu pouze formového dílce, který umožní použít této úpravy pro jakýkoliv stroj a výrobek. (kapitoly 2.3 a 2.4)

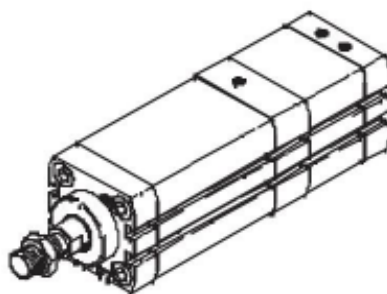
2.1 Varianty řešení

2.1.1 Dvoupolohový pneumatický motor

Jedním z možných řešení je výměna stávajícího pneumatického válce za dvoupolohové krátko-zdvihové pneumatické válce pro pohon závěrové hlavy. Tímto řešením bychom dosáhli použití závěrové hlavy dle varianty 3 (kapitola 1.2.3.).

Hlavním požadavkem na motor je krátký chod druhé krajní polohy při dosednutí závěrové hlavy na přední formu. Dle výkresové dokumentace je krajní poloha max. 5mm.

Hlavní nevýhodou tohoto řešení je instalace nových pneumatických motorů do stávajících boxů sklářského stroje. Vzhledem k různorodosti strojů by toto řešení bylo velice nákladné a technicky náročné.

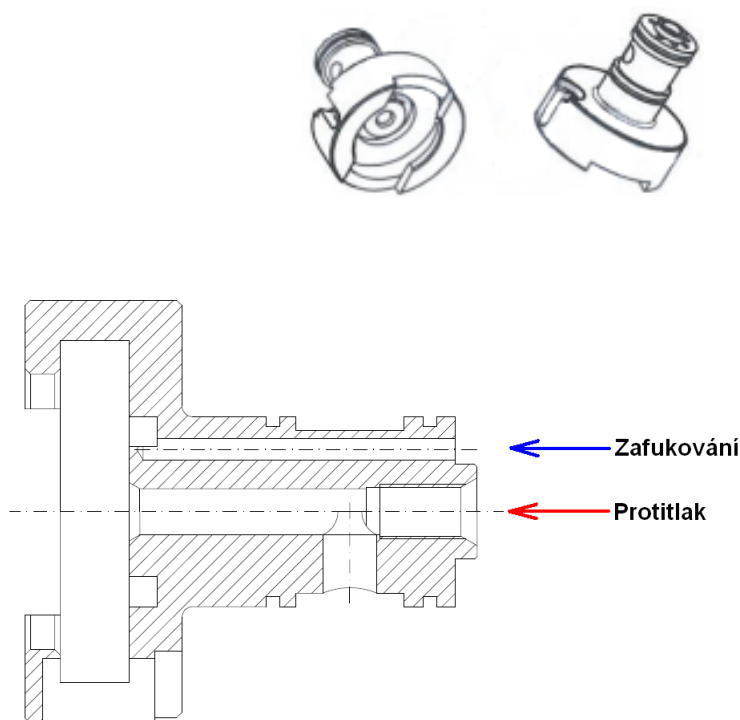


Obr. 17. Dvoupolohový pneumatický válec

2.1.2 Nová konstrukce ramene závěrné hlavy

Další možností je navrhnout nové konstrukční řešení ramene závěrné hlavy tak, abychom mohli připojit dva přívody pracovního tlakového vzduchu. Jeden pracovní vzduch by umožňoval záfuk kapky do přední formy. Druhý pracovní vzduch bychom používali jako protitlak proti otevírání střední ventilové části během tvarování baňky v přední formě.

Pro toto řešení se inspiřujeme u ramene foukací hlavy. U foukací hlavy využíváme dva přívody vzduchu. Jeden přívod vzduchu je směřován na vyfukování láhve v konečné formě a druhý přívod pracovního tlakového vzduchu je směřován na chlazení ústí láhve během vyfukování konečného tvaru. Podobným rozvodem vzduchu v rameni závěrné hlavy bychom mohli využít dva pracovní tlakové vzduchy. Na obrázku 18. můžeme vidět kalíšek na držení foukací hlavy a šipky znázorňující přívod tlakového vzduchu. Abychom mohli tento typ držáku použít i pro ZH, musíme také navrhnout celé rameno s rozvodem vzduchu pro závěrnou hlavu.



Obr. 18. Držák foukacích hlav pro dva pracovní vzduchy

Pokud bychom přepracovali rameno ZH podle předchozího popsaného způsobu, tak musíme pro tento typ vyvinout také ZH, která by využila obou tlakových vzduchů. Mohli bychom použít dva způsoby řešení ZH, které se liší jen ve způsobu uložení pružiny.

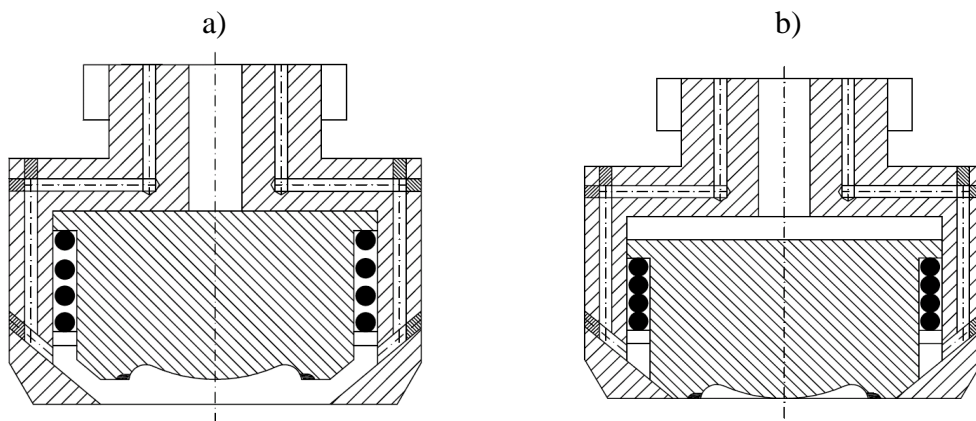
Varianta A) ZH pro použití dvou pracovních vzduchů se středovou částí v klidu otevřenou je naznačen na obrázku 19. Po dosednutí ZH na PF je stále středová část otevřena vlivem pružiny a zafukovací tlakový vzduch má možnost proudit skrze vrtané otvory v těle ZH přímo do PF. Po ukončení zafukování je spuštěn středový uzavírací tlakový vzduch, který přetlačí sílu pružiny a uzavře ZH s přední formou. A zároveň tento vzduch vytváří protitlak pro předfuk v PF.

Výhodou je:

- a) Středová část je stále otevřena vlivem rozpěrné pružiny a takový vzduch může proudit přímo do PF beze ztrát.

Nevýhodami jsou:

- a) Středová část musí být větších rozměrů pro montáž středové pružiny;
- b) Větší hmotnost kompletní závěrné hlavy;
- c) Pružina vlivem vyhřátí teplem ztrácí své vlastnosti;
- d) Velký protitlak, který musí vyrovnat tlak předfuku a sílu pružiny;
- e) Možnost zablokování uzavření středové části vlivem zablokování cizím předmětem mezi středovou částí a tělem ZH.



Obr. 19. Způsob A - Závěrná hlava pro použití dvou pracovních vzduchů - v klidu otevřený

a) ZH v poloze v klidu, nebo při zafukování kapky skla do PF, b) ZH v poloze uzavřené při přívodu uzavíracího tlakového vzduchu během předfuku do PF.

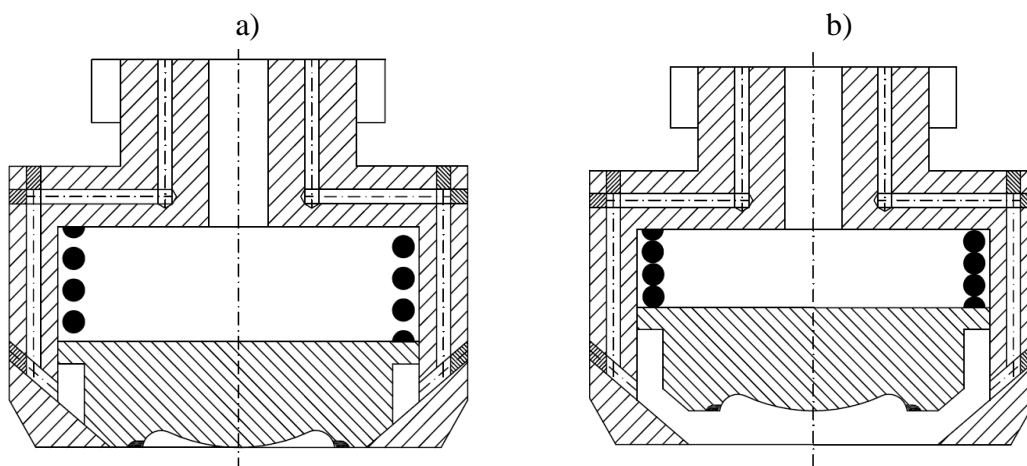
Varianta B) ZH (obr. 20) má podobnou konstrukci, jako u předešlého popsaného způsobu, jen s tím rozdílem, že pružina tlačí z vrchu na středovou část ZH. Pokud tedy neproudí zafukovací vzduch, je středová část v uzavřené krajní dolní poloze. Až po zapnutí zafukovacího vzduchu je vlivem tlaku, který působí na plochu středové části, překonána pružina a tato část se otevře pro zafouknutí do PF. Po ukončení záfuku je opět spuštěn protitlak do středové části ZH. Tento tlak je již menší, než u předešlého způsobu vlivem tlačné pružiny, která také působí proti předfuku.

Výhodami jsou:

- a) Menší rozměry středové části;
- b) Menší hmotnost kompletní závěrné hlavy;
- c) Vlivem stále uzavřené středové části, se eliminuje možnost vniku předmětu, který by znemožnil uzavření středové části;
- d) Menší tlak vzduchu pro vyvolání protitlaku předfuku.

Nevýhodami jsou:

- a) Pružina vlivem vyhřátí teplem ztrácí své vlastnosti;
- b) Zpoždění zafukování vlivem nutnosti překonání pružiny a otevření středové části;
- c) Vysoké nároky na výrobu dosedacích ploch proti úniku tlaku vzduchu;
- d) Vyžaduje náklady na nákup nových ZH a výměnu ramen závěrné hlavy na výrobních strojích.



Obr. 20. Způsob B - Závěrová hlava pro použití dvou pracovních vzduchů

- v klidu uzavřený

- a) ZH v poloze v klidu, nebo při přívodu uzavíracího tlakového vzduchu během předfuku do PF
- b) ZH v otevřené poloze při zafukovacího vzduchu do PF pro vytváření ústí láhve.

2.1.3 Nová konstrukce závěrné hlavy pro jeden pracovní vzduch

V kapitole 2.1.2 jsme popsali funkci ZH v případě, že bychom měli dva pracovní vzduchy. Vzhledem k přesouvání výroby z různých závodů, je velice nereálné konstrukčně vyměnit u všech strojů rameno ZH tak, abychom mohli tuto ZH použít. Proto bychom měli navrhnout takové řešení, které by nezvyšovalo náklady na úpravu stroje při přesunu výroby do jiných výrobních závodů. V této kapitole popíšeme dvě varianty, které jsou možné použít pro jeden pracovní vzduch.

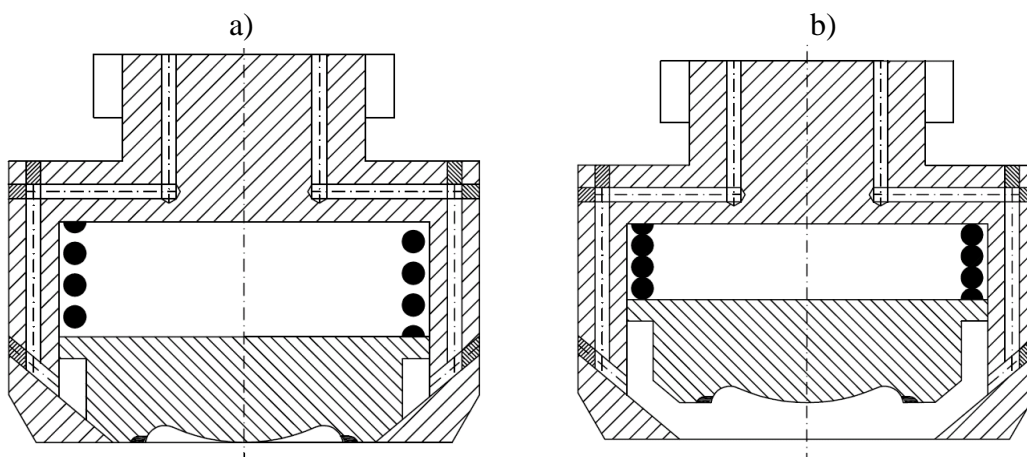
Varianta A) se nabízí úpravou předešlé ZH pro dva pracovní vzduchy s pružinou uzavírající středovou část (obr. 21). Opět po dosednutí ZH na PF a spuštění zafukovacího vzduchu musí tlak překonat sílu pružiny tlakem na středovou část. Po otevření proudí vzduch do PF. Po skončení zafukování pružina uzavře otvory mezi tělem ZH a středovou částí a umožní tím předfuk do PF. V tomto případě je nutná správná volba pružiny a to tak, že síla pružiny musí být menší, než síla tlaku zafuku a zároveň větší, než síla předfuku do PF. Pokud by tomu tak nebylo, tak by nebyla zaručena funkčnost ZH.

Výhodami jsou:

- a) Použití na všech sklářských strojích;
- b) Vlivem stále uzavřené středové části se eliminuje možnost vniku předmětu, který by znemožnil uzavření středové části;
- c) Jednoduchá konstrukce.

Nevýhodami jsou:

- a) Velké nároky na stálost pružiny;
- b) Nastavení tlaků záfuku a předfuku;
- c) Časová prodleva zafukovacího vzduchu pro překonání tlaku pružiny;
- d) Veliké nároky na těsnost součástí.



Obr. 21. Závěrná hlava pro použití jednoho pracovního vzduchu
- v klidu uzavřený

a) ZH v poloze v klidu bez tlakového vzduchu, nebo při předfuku do PF, b) ZH v poloze při zafukování kapky skla do PF pro vytvarování ústí láhve.

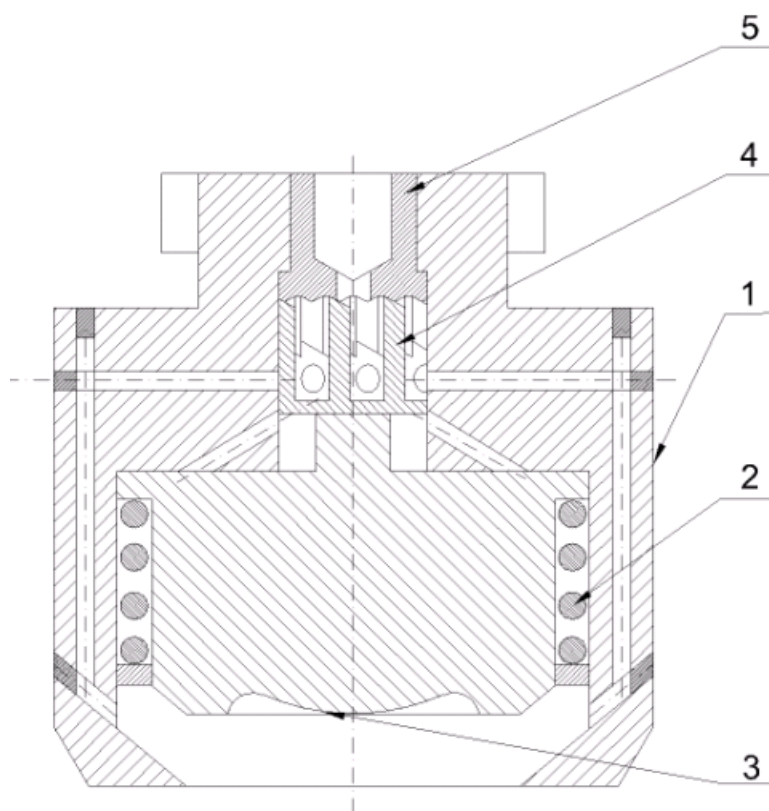
Varianta B) využívá také jen jeden pracovní vzduch pro ovládání ZH, ale i pro vyvíjení síly proti předfuku. Abychom mohli tuto variantu využít, inspirovali jsme se mechanismem ovládání propisovací tužky (obr. 22). Po dosednutí ZH na PF spustíme zafukovací vzduch, který zamáčkne do krajní spodní polohy středový zámek. Průchod vzduchu je tím umožněn skrze tělo ZH a otevře středovou část ZH pro zafukování jako u varianty A). Po ukončení zafukování se zámek vlivem pružiny vrátí zpět do vrchní polohy a pootočí se o polovinu zubu v těle ZH. Opět spustíme zafukovací vzduch, který posune zámek do jiné krajní polohy a otvory v ní se natočí s otvory pro protitlak předfuku.

Výhodami jsou:

- a) Použití pro všechny sklářské stroje;
- b) Pojištění středové části tlakem vzduchu a ne pružinou.

Nevýhodami jsou:

- a) Velká hmotnost ZH;
- b) Velice přesný mechanismus pro ovládání zámku ZH;
- c) Přerušení tlaku vzduchu během jednoho cyklu výroby produktu.



Obr. 22. Závěrová hlava s mechanismem pro přepínání jednoho pracovního vzduchu

1 – tělo závěrové hlavy, 2 – pružina pro otvírání střední části ZH, 3 – střední pohyblivá část ZH,

4 – otáčecí zámek rozdělující proud vzduchu, 5 – jezdec zámku

2.2 Rozhodovací analýza variant

Pro vybrání vhodné varianty řešení jsme sestavili rozhodovací analýzu. Optimum každého kritéria je přiřazeno 100 bodů ve stobodové stupnici. Pokud je jednotlivé alternativy nedosáhnou, je buď exaktně kvantifikována míra jejich splnění danou alternativou, nebo technickým odhadem ohodnocení. Míra splnění kritéria je vyjádřena v %, tj. opět ve stobodové stupnici.

Dle tabulky č. 1 je možné vidět, že pro vybraná kritéria je nejvýhodnější použít variantu ZH pro jeden pracovní vzduch kap. 2.1.3, která dosáhla relativní hodnotu užítosti 84%.

PÁROVÉ SROVNÁNÍ KRITERIÍ																
Poř. Čís.	Název kritéria	Počet voleb	Pořadí významnosti	Váha	X	Dvoupolehový pneunotor		Rameno ZH+ZH v klidu otevřená		Rameno ZH+ZH v klidu uzavřená		ZH pro jeden pracovní vzduch		ZH pro jeden pracovní vzduch se zámekm		
						Hodnota	Prostá Vážená	Hodnota	Prostá Vážená	Hodnota	Prostá Vážená	Hodnota	Prostá Vážená	Hodnota	Prostá Vážená	
1.	Spolehlivost zařízení		1	5	100%	500	100%	500	70%	350	80%	400	90%	450	50%	250
2.	Hmotnost ZH		5	1	100%	100	100%	100	30%	30	80%	80	80%	80	60%	60
3.	investiční náklady		2	4	100%	400	0%	0	20%	80	20%	80	80%	320	60%	240
4.	Použitelnost na většině strojích		4	2	100%	200	30%	60	50%	100	70%	140	100%	200	70%	140
5.	Náročnost výroby ZH		3	3	100%	300	50%	150	50%	150	70%	210	70%	210	30%	90
CELKEM						1500		810		710		910		1260		780
UŽITNOST V RELATIVNÍM VYJÁDRĚNÍ																
POŘADÍ ALTERNATIV PODLE UŽITNOSTI																
</																

3. KONSTRUKČNÍ ZPRACOVÁNÍ VYBRANÉ VARIANTY ZH

V této kapitole se budeme věnovat variantě řešení ZH pro jeden pracovní vzduch, kterou jsme vybrali jako neoptimálnější z nabízených variant na základě rozhodovací analýzy. Vybranou variantu ZH konstrukčně zpracujeme formou sestavných výkresů a s podrobnou výrobní dokumentací, konstrukční řešení doplníme o příslušné výpočty.

Navrhl jsem dva různé typy ZH, pro různě řešené přední formy.

ZH TYP 1 (obr. 25) je pro použití všech dosavadních PF, které používají nálevku. A **TYP 2** (obr. 26) je již navržen pro nové PF, které mají náběhovou hranu jako u LF, která nahrazuje nálevku pro usměrnění kapky skloviny do PF.

Závěrná hlava pro jeden pracovní vzduch se skládá z:

- a) Těla;
- b) Kuželové části;
- c) Středové části;
- d) Pružiny.

3.1 Tělo závěrné hlavy

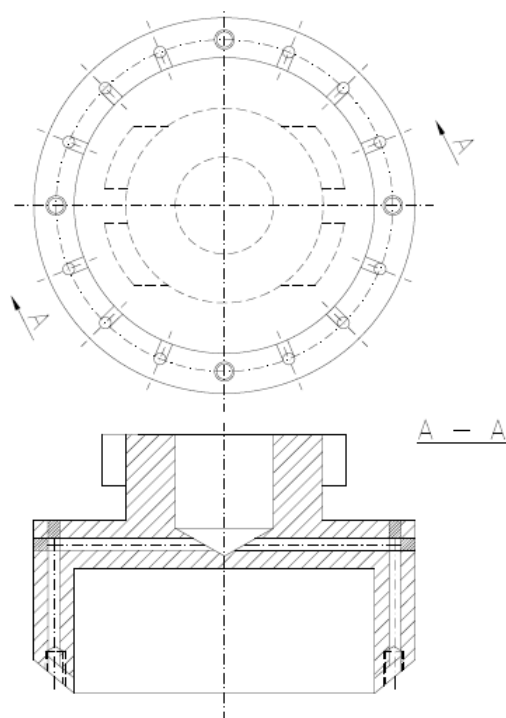
Tělo ZH navrhujeme z materiálu CI 800 (příloha 2) dle specifik O-I. Pouze hrany dosedacích ploch pro středovou část navaříme tvrdokovem PE 8418 (příloha 5) pro větší životnost během výroby.

Nyní je nutné věnovat se otvorům, které mají dvojí funkci:

- a) Funkce ovládací, při níž potřebujeme vyvinout takový tlak na středovou část ZH, aby přemohl sílu pružiny a umožnil její otevření pro průchod vzduchu do PF;
- b) Funkce zafukovací kapky skloviny do přední formy pro vytvarování ústí láhve;

Vstupní podmínky pro výpočet otvorů:

- a) Tlak vzduchu přiváděný pro zafukování je max 3,5 bar;
- b) Tlak vzduchu pro předfuk je max 2 bar.

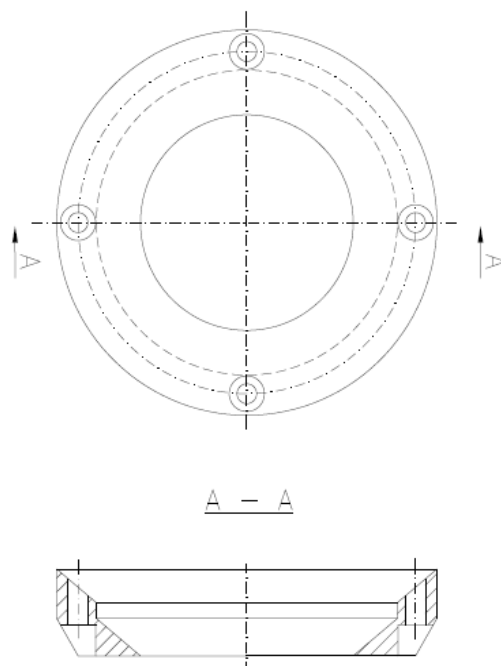


Obr. 23. Tělo závěrné hlavy

3.2 Kuželová část těla závěrné hlavy

Kuželová část těla má pouze montážní funkci. Umožní nám rozdělit tělo závěrné hlavy na dvě poloviny a vsadit do ní pružinu se středovou pohyblivou částí. Materiál použijeme stejný CI 800, jako u těla ZH.

Abychom zabezpečili přesnou středovou polohu montáže k tělu ZH, je spoj opatřen dosedacím kuželem. Kuželová část se šroubuje 4mi šrouby s imbusovou hlavou M6 x 20.

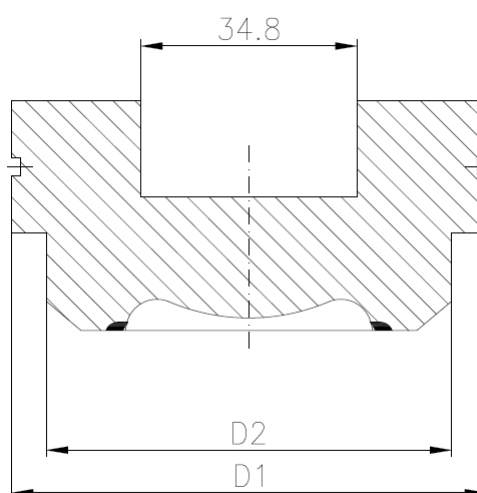


Obr. 24. Kuželová část těla ZH

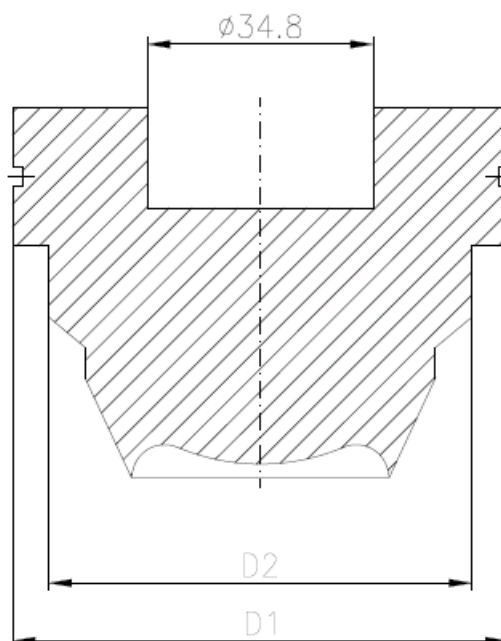
3.3 Středová část závěrné hlavy

Středová část ZH se pohybuje vlivem tlaku vzduchu a pružiny. Umožňuje tím otevírání či zavírání otvorů pro zafukování do PF. Pro tuto část navrhujeme použít dameron NI 806 (příloha 3) pro jeho rozměrovou stálost ve vyšších teplotách.

Pro bezchybný provoz středové pohyblivé části, je nutné omezit úniku vzduchu mezi středovou částí a tělem. Navrhujeme použít pístní kroužek, který vydrží bez problému vyšší teploty (350°C) a zaručí tím těsnost.



Obr. 25. Středová část pro ZH TYP 1



Obr. 26. Středová část pro ZH TYP 2

3.4 Pružina

Pružina je zde nejdůležitější součástí sestavy. Musí být navržena tak, aby umožňovala obě funkce ZH. Během zafukování musí být pružina přetlačena pro otevření středové části ZH a zároveň během předfuku v PF musí udržet tlak vyvíjený na středovou část.

V běžném nastavení sklářského stroje používáme zredukovaný tlak na zafukování 2 bar (200 000 Pa). Uvažujeme tedy o rozpětí tlaku od vstupního max.3,5 bar (350 000 Pa) na 2 bar pracovního.

Z rozměrů středové části vypočteme plochu pro působení síly proti pružině, které umožní její otevření:

$$D_1 = 76,4 \text{ mm}$$

$$D_2 = 65,2 \text{ mm}$$

Obsah plochy pro zvednutí středové části:

$$S = \pi(R^2 - r^2) = 0,001245 \text{ [m}^2\text{]}$$

Tlaková síla vyvíjená na středovou část ZH vlivem zafukovacího vzduchu:

$$F_{min} = PS = 200\,000 \times 0,001245 = 249 \sim 250 \text{ [N]}$$

$$F_{max} = PS = 350\,000 \times 0,001245 = 435,75 \sim 435 \text{ [N]}$$

Materiál: Korozivzdorný drát EN 10270-3-1.4568

G_{20} – 78 000 MPa

ρ – 7900 kg/m³

R_m – 1720 MPa

τ_{Δ} – 860 MPa

τ_X – 464 MPa

Požadované parametry pracovního cyklu pružiny:

Maximální pracovní zatížení: $F_8=435 \text{ N}$

Minimální pracovní zatížení: $F_1=250 \text{ N}$

Délka plně zatížené pružiny: $L_8=22 \text{ mm}$

Požadovaný pracovní zdvih pružiny: $h=8 \text{ mm}$

Dutina pro pružinu je 34,8mm. Volím tedy vnější průměr pružiny $D_e=32\text{mm}$

Tuhost pružiny:

$$C = (F_8 - F_1) / h = (435 - 250) / 8 = 23 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}} \right]$$

Tuhost $c=23 \text{ N/mm}$

Maximální provozní namáhání drátu pružiny krouticím momentem:

$$M_{k8} = F_8 \frac{D}{2} = 435 \frac{32}{2} = 6960 \text{ [Nmm]}$$

Předběžné stanovení průměru drátu pružiny:

$$d_i \geq \sqrt[3]{\frac{16M_{k8}}{\pi\tau_{Dk}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 6960}{3,14 \times 860}} = 3,45 \text{ [mm]}$$

Wahlovo korekční součinitel K:

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} = \frac{9,28 + 0,2}{9,28 - 1} = 1,1479 \text{ [-]}$$

Kde
$$i = \frac{D}{d_i} = \frac{32}{3,45} = 9,28 \text{ [-]}$$

Následně upřesníme průměr drátu pružiny:

$$d_{i+1} \geq \sqrt[3]{\frac{16M_{k8}K}{\pi\tau_{Dk}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 6960 \times 1,1479}{3,14 \times 860}} = 3,614 \sim 4 \text{ [mm]}$$

S normalizovaným průměrem drátu 4 mm je poměr vinutí:

$$i = \frac{D}{d} = \frac{32}{4} = 8 \text{ [-]}$$

A také Wahlovo korekční součinitel s $i = 8$

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} = \frac{8 + 0,2}{8 - 1} = 1,1714 \text{ [-]}$$

Stanovíme počet činných závitů:

$$n = \frac{Gd}{8ci^3} = \frac{78\,000 \times 4}{5 \times 23 \times 8^3} = 3,31 \sim 3 \text{ závity}$$

Počet závitů:

$$z = n + 2 = 5 \text{ závitů}$$

Délka L nezátížené pružiny:

$$L = s_8 + 0,1dn + dn + dn_{\pi} = 18,91 + 0,1 \times 4 \times 3 + 4 \times 3 + 4 \times 1 = 36,11 \text{ [mm]}$$

Kde
$$s_8 = \frac{F_8}{c} = \frac{435}{23} = 18,91 \text{ [mm]}$$

$$s_1 = \frac{F_1}{c} = \frac{250}{23} = 10,87 \text{ [mm]}$$

Rekapitulace hodnot pružiny:

$$C = 23 \text{ N/mm}$$

$$D_e = 32 \text{ mm}$$

$$D_i = 24 \text{ mm}$$

$$D = 28 \text{ mm}$$

$$d = 4 \text{ mm}$$

$$i = 8$$

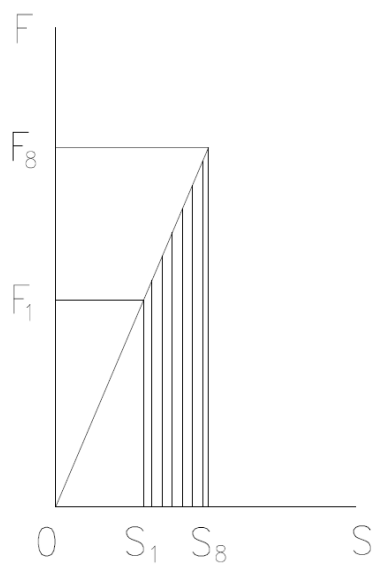
$$n = 3 \text{ závity}$$

$$z = 5 \text{ závitů}$$

$$L = 36,11 \text{ mm}$$

$$s_1 = 10,87 \text{ mm}$$

$$s_8 = 18,91 \text{ mm}$$



Obr. 27. Zatěžovací charakteristika pružiny

4. TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ A VYUŽITELNOSTI ŘEŠENÍ

Tento typ závěrné hlavy, která by umožňovala vyřadit mechanismus nálevky, by se dal použít i pro stávající sklářské stroje, které bychom mohli zrychlit a tím zvýšit produktivitu výroby na řadových strojích.

4.1 Ekonomické zhodnocení

4.1.1 Ekonomické náklady

Pro realizaci navrhovaného řešení je potřeba vyměnit u stávajících sad pouze ZH. Náklady na výrobu nové ZH jsou 131 euro (3275,- Kč), stávající cena steré ZH je 50 euro (1250,- Kč).

	starý typ ZH	Nový typ ZH	Rozdíl pro 1ks	Rozdíl pro sadu (30ks)
ZH	€ 50,00	€ 188,00		
nálevka	€ 12,00	€ 0,00		
Celkem	€ 62,00	€ 188,00	€ 126,00	€ 3 780,00

Tab. 2. Náklady na realizaci ZH

Dle tab. 2 je patrné, že náklady na realizaci jsou 3 780,- Eur pro celou sadu forem. Je to o 10% navýšení oproti běžným pořizovacím nákladům celé sady forem. Pokud však vezmeme v úvahu produkt vážící 350g a vyráběný o rychlosti 70 střihů za minutu, tak navýšení rychlosti výroby o 14% (viz kap. 4.1.2) umožní vyrobiť o cca 10t více produktů za 24 hodin. Při běžných prodejních cenách skloviny je návratnost cca 22 hodin výroby.

4.1.2 Ekonomické přínosy

Nejdůležitějším ekonomickým přínosem je zrychlení stroje vlivem vynechání nastavení nálevky. Běžné nastavení chodu ZH je mezi 335° až 30°. Pokud nastavení přepočítáme na čas, pohybujeme se od 0,75s až 1,2s v závislosti na rychlosti stroje. Z celkového času stroje je to 14% a to bez jakéhokoliv zásahu do procesu tvarování.

Dalším ekonomickým dopadem tohoto řešení je kompletní vyřazení mechanismu nálevky. To umožní snížit náklady na preventivní údržbu o jeden mechanismus stroje. Sklářský řadový stroj se skládá ze šesti pohyblivých mechanismů (zavírání přední formy, zavírání konečné formy, válec ústníku, mechanismus závěrné

hlavy, mechanismus nálevky, mechanismus foukací hlavy). Vyřazením jednoho mechanismu snížíme pravděpodobnost prostoje a náklady na údržbu o 16%.

Posledním ekonomickým dopadem je stabilnější proces výroby. Bez nálevky jsme schopni lépe kontrolovat rozložení skloviny v přední formě, a proto bychom si mohli dovolit snížit váhu až o 5 % výrobku a tím zlevnit daný produkt.

4.2 Neekonomické zhodnocení

Hlavním neekonomickým dopadem je eliminace tzv. feedrové vlny. Jedná se o vizuální stopu na skleněných výrobcích. Tato vlna se projevuje pouze u výrobku vyráběnou technologií 2xfuk a je zdrojem mnoha vad jak estetických, tak i funkčních (slabá stěna, studené sklo, nevytvarování písma v KF v místě feedrové vlny).

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala návrhem konstrukce závěrné hlavy pro sklářské řadové stroje, abychom mohli vynechat mechanismus nálevky pro technologii 2xfuk a tím zefektivnili výrobu.

V první části byl proveden rozbor současného stavu, který nám poskytl ucelené informace o používaných variantách ZH. Praktické zkušenosti výhod a nevýhod ZH jsme zužitkovali v nových návrzích:

1) Dvoupolohový pneumatický motor

Výhodou je:

- Již existujícího řešení ZH.

Nevýhodami jsou:

- Velká různorodost sklářských strojů;
- Vysoké náklady na realizaci.

2) Nová konstrukce ramene ZH s použitím upravené konstrukce formy ZH

Pro tuto konstrukci je nutná výměna kompletního ramene ZH, což vyžaduje značné vstupní náklady.

Návrhy jsme rozdělili do dvou variant:

Varianta A) ZH pro použití dvou pracovních vzduchů v klidu s otevřenou středovou částí

Výhodou je:

- Středová část je otevřená a zafukovací vzduch může proudit bez překážky do PF.

Nevýhodami jsou:

- Velké rozměry středové části;
- Velká hmotnost kompletní ZH;
- Velký tlak pro uzavření středové části.

Varianta B) ZH pro použití dvou pracovních vzduchů v klidu s uzavřenou středovou částí

Výhodami jsou:

- Menší rozměry středové části;
- Menší hmotnost kompletní ZH;
- Menší tlak vzduchu pro uzavření středové části.

Nevýhodami jsou:

- Zpoždění zafukování vlivem nutnosti překonání pružiny;
- Vysoké nároky na těsnost – nebezpečí propojení dvou vzduchů.

3) Nová konstrukce pro jeden pracovní vzduch

Návrhy jsme rozdělili do dvou variant:

Varianta A) ZH pro v klidu uzavřený

Výhodami jsou:

- Použití na všech sklářských strojích bez úprav strojů;
- Jednoduchá konstrukce.

Nevýhodami jsou:

- Nároky na stálost pružiny;
- Nastavení tlaku záfuku a předfuku;
- Nároky na těsnost součástí.

Varianta B) ZH s mechanismem pro přepínání tlaku vzduchu

Výhodami jsou:

- Použití na všech sklářských strojích bez úprav strojů;
- Uzamčení středové části tlakem vzduchu místo silou pružiny.

Nevýhodami jsou:

- Velká hmotnost;
- Náročné na výrobu;
- Přerušení tlaku vzduchu během jednoho cyklu výroby.

Na základě rozhodovací analýzy (popsané v kapitole 2.2) jsme vybrali návrh ZH pro jeden pracovní vzduch v klidu uzavřený. Variantu jsme podrobně popsali a doplnili o výpočty a technickou dokumentaci.

Tato práce slouží jako podklad pro zkvalitnění výrobního procesu firmy O-I manufacturing.

PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] BELDA, J.: Sklářské stroje I., Skripta VŠST 1991.
- [2] SMRČEK, A.: Strojní tvarování skla. SNTL, Praha 1981.
- [3] Firemní výkresová dokumentace.
- [4] Technický portál firmy O-I, intranet.
URL: <<https://onom-24.sharepoint.microsoftonline.com>> [cit. 2012-3-15]
- [5] Dokument patentového EP 0 838 437 A1.
- [6] PEŠÍK, L.: Části strojů 1. Díl, Technická univerzita v Liberci 2002
- [7] Trelleborg – sealing solution
URL: <<https://www.scribd.com/doc/77875469/O-kroužky>> [cit. 2012-5-12]

PŘÍLOHY:

- 1) Patent EP 0 838 437 A1
- 2) Materiálová specifikace GS 800
- 3) Materiálová specifikace NI 806 – Dameron
- 4) Materiálová specifikace navařovacího prášku PE 8418

2) Materiálová specifikace GS 800



No. 96 IRON **CHEMICAL COMPOSITION**

	TARGET	RANGE
TOTAL CARBON	3.57%	± 0.08%
MANGANESE	0.60%	± 0.10%
SILICON	2.00%	± 0.10%
SULPHUR	0.033%	± 0.027%
PHOSPHORUS	0.20%	MAX
CHROMIUM	0.20%	MAX
NICKEL	0.50%	MAX
MOLYBDENUM	0.53%	± 0.08%
VANADIUM	0.12%	± 0.03%
TITANIUM	0.22%	± 0.03%
COPPER	0.50%	MAX
IRON	BASE	
CARBON EQUIVELANT	4.23%	± 0.07%

CARBON EQUIVALENT = TOTAL CARBON + (SILICON+PHOSPHORUS)/3

HARDNESS: 145 ± 10 HB on the back of the casting

METALLOGRAPHY:

AT THE GLASS CONTACT SURFACE:

GRAPHITE TYPE A/D: Size 6 to 8
MATRIX STRUCTURE: 85% Ferrite minimum
15% Pearlite maximum
PRIMARY CARBIDES: None wanted

1" (25 mm) BELOW THE GLASS CONTACT SURFACE:

GRAPHITE TYPE A/D: Size 4 to 5
MATRIX STRUCTURE: 85% Ferrite minimum
15% Pearlite maximum
PRIMARY CARBIDES: None wanted / Trace Permitted.

ANNEALING PROCESS: To be determined by the supplier.

WELDED SURFACE HARDNESS: 25 to 30 HRC except mold and blank outside diameters and backs to be 35 to 45 HRC.

ALL MOLD EQUIPMENT WITH WELDED SURFACES TO BE
STRESS RELIEVED PER MO-4175 AFTER WELDING.

20 OCT 10 / VDR

CHKD: _____ APPD: _____

CI-800

3) Materiálová specifikace NI 806 – Dameron

OB-40 NICKEL ALLOY



CHEMICAL COMPOSITION

ELEMENT	TARGET	RANGE
CARBON	0.20%	MAX
SILICON	3.25%	± 0.25%
BORON	2.35%	± 0.15%
IRON	0.50%	MAX
CHROMIUM	0.50%	MAX
COPPER	0.20%	MAX
NICKEL	BASE	

HARDNESS: (HRC) 38 ± 2

WELDED SURFACE HARDNESS: 35-40 HRC

REV. 16 March 2011, VDR

CHKD: _____ APPD: _____

NI-806

4) Materiálová špecifikace navařovacího prášku PE 8418

Castolin Eutectic Ireland Limited

POWDERS

CONFIDENTIAL

For Internal Use Only

For Internal Use Only

TDRD

**TECHNICAL DATA REFERENCE
DOCUMENT
Powders**

Rev. 2

Date 14.11.2006

Designation (Commercial designation including trade name) :

Eutalloy LT

PE 8418

Identic powders	Weight	ESC	EuroCode	2.2 Cert.
PE 8418	12.5 kg	205768	6432	06-08418
PE 8418	4.5 kg	205767	6432	06-08418

Chemical Analysis

General description:

Ni base Low Temperature alloy powder

Covered standard(s) 1) & 2):

1)

2)

Related standard(s) 3) & 4):

3)

4)

Process for use

Main : Eutalloy SuperJet

Others :

Main applications :

Glass mould edges (repair)

Manufacturing process:

Gas

Grain shape :


Spherical

Powder Characteristics :

Test based	Cert. 2.2		Customer	Norm
	PE 8418		Min / Max	Min / Max
Alloy analysis only				
C %	0,02			
Si %	2,2			
B %	0,69			
Fe %	0,14			
Cr %	0,11			
Ni %	base			
Cu %	5,8			
others %	1,3			
Blended with:				

CEIL

**ASSURANCE QUALITE
QUALITÄTSSICHERUNG
QUALITY ASSURANCE**


Part of the Messer World 

Prepared by:

Approved by:

Note: values in italic have been obtained from literature

Page 1 / 3

	TDRD	TECHNICAL DATA REFERENCE DOCUMENT Powders		Rev. 2																									
				Date 14.11.2006																									
<table border="1"> <tr> <th>AAP application</th> <th>Summary</th> <th>Equipment / process</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					AAP application	Summary	Equipment / process																						
AAP application	Summary	Equipment / process																											
Approvals :																													
<table border="1"> <tr> <td> MSDS </td> <td> Last revision </td> <td> Date: 24.08.2004 </td> <td> Rev. N° 1 </td> <td> 0500-0064 </td> </tr> <tr> <td> Contains: > 1 Gew.-%. Ni (Pulver) </td> <td> R40,R43 </td> <td> Proper shipping name : </td> <td> Hazard class : </td> <td> Harmful </td> </tr> <tr> <td> R phrase : </td> <td> S22, S23, S24,S36/37 </td> <td> UN Number : </td> <td> Symbol : </td> <td> IATA/DGR limits: </td> </tr> <tr> <td> S phrase : </td> <td> Xn - Harmful </td> <td> ADR/RID: </td> <td> Packing group : </td> <td> IATA/DGR limits: </td> </tr> <tr> <td> Required Symbols: </td> <td> Xn - Harmful </td> <td> IATA/DGR limits: </td> <td> IATA/DGR limits: </td> <td> IATA/DGR limits: </td> </tr> </table>					MSDS	Last revision	Date: 24.08.2004	Rev. N° 1	0500-0064	Contains: > 1 Gew.-%. Ni (Pulver)	R40,R43	Proper shipping name :	Hazard class :	Harmful	R phrase :	S22, S23, S24,S36/37	UN Number :	Symbol :	IATA/DGR limits:	S phrase :	Xn - Harmful	ADR/RID:	Packing group :	IATA/DGR limits:	Required Symbols:	Xn - Harmful	IATA/DGR limits:	IATA/DGR limits:	IATA/DGR limits:
MSDS	Last revision	Date: 24.08.2004	Rev. N° 1	0500-0064																									
Contains: > 1 Gew.-%. Ni (Pulver)	R40,R43	Proper shipping name :	Hazard class :	Harmful																									
R phrase :	S22, S23, S24,S36/37	UN Number :	Symbol :	IATA/DGR limits:																									
S phrase :	Xn - Harmful	ADR/RID:	Packing group :	IATA/DGR limits:																									
Required Symbols:	Xn - Harmful	IATA/DGR limits:	IATA/DGR limits:	IATA/DGR limits:																									
Logistics: <table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Powder</th> <th rowspan="2">Packaging</th> <th colspan="2">Marketing Label</th> </tr> <tr> <th>Label Ref.</th> <th>Soft DataBase Ref.</th> </tr> <tr> <td>PE 8418</td> <td>06602F 0005</td> <td>ETIC0080</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>PE 8418</td> <td>08023 0000</td> <td>ETIC0050</td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					Powder	Packaging	Marketing Label		Label Ref.	Soft DataBase Ref.	PE 8418	06602F 0005	ETIC0080		PE 8418	08023 0000	ETIC0050												
Powder	Packaging	Marketing Label																											
		Label Ref.	Soft DataBase Ref.																										
PE 8418	06602F 0005	ETIC0080																											
PE 8418	08023 0000	ETIC0050																											
Comment :																													
Revision: <table border="1"> <tr> <th>No</th> <th>Date</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>12.6.2006</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>14.11.2006</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					No	Date	0	12.6.2006	1	14.11.2006																			
No	Date																												
0	12.6.2006																												
1	14.11.2006																												
CEIL	ASSURANCE QUALITE QUALITÄTSSICHERUNG QUALITY ASSURANCE		Part of the Messer World																										
Prepared by:			Approved by:																										